

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

10. 3. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 3 月 1 1 日
Date of Application:

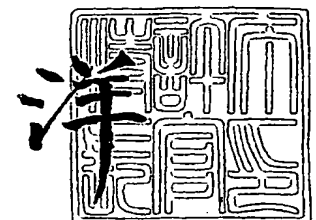
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 6 8 9 8 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 6 8 9 8 8]

出 願 人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s): 株式会社デンソー

2 0 0 5 年 2 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 PY20040256
【提出日】 平成16年 3月11日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F01N 3/02
F01N 3/36

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
【氏名】 大坪 康彦

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
【氏名】 宮▲崎▼ 雅生

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
【氏名】 横井 辰久

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
【氏名】 松岡 広樹

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社 内
【氏名】 松野 繁洋

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー 内
【氏名】 稲葉 孝好

【特許出願人】
【識別番号】 000003207
【氏名又は名称】 トヨタ自動車 株式会社

【特許出願人】
【識別番号】 000004260
【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】
【識別番号】 100068755
【弁理士】
【氏名又は名称】 恩田 博宣

【選任した代理人】
【識別番号】 100105957
【弁理士】
【氏名又は名称】 恩田 誠

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 002956
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9710232
【包括委任状番号】 0101646
【包括委任状番号】 9908214

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

内燃機関の排気通路に微粒子物質の捕集器を設け、未燃燃料を前記排気通路に供給して同捕集器に堆積した微粒子物質を燃焼除去することにより同捕集器を再生させるようにした内燃機関の排気浄化装置において、

前記微粒子物質の燃焼除去の終了を予測する予測手段と、

前記予測手段による予測後に前記排気通路に未燃燃料を供給する予測後供給手段とを備えることを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 2】

前記内燃機関の運転状態に基づき前記捕集器での微粒子物質の堆積量を推定する堆積量推定手段をさらに備え、

前記予測手段は、前記堆積量推定手段による微粒子物質の堆積量に基づいて、前記微粒子物質の燃焼除去の終了を予測するものである請求項 1 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 3】

前記排気通路における前記捕集器よりも上流側の排気圧力と、同捕集器よりも下流側の排気圧力との差圧を検出する差圧検出手段をさらに備え、

前記予測手段は、前記差圧検出手段による差圧に基づいて、前記微粒子物質の燃焼除去の終了を予測するものである請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 4】

前記排気通路の前記捕集器よりも上流に設けられた排気浄化触媒をさらに備え、前記未燃燃料は前記排気通路の前記排気浄化触媒よりも上流に供給される請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 5】

前記未燃燃料は、供給期間及び供給停止期間からなる燃料供給サイクルに基づき間欠的に前記排気通路に供給される請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 6】

前記排気通路における前記捕集器よりも上流側の排気圧力と、同捕集器よりも下流側の排気圧力との差圧を検出する差圧検出手段と、

前記予測手段による終了予測時における前記差圧検出手段による差圧と所定値とを比較する比較手段と

をさらに備え、前記予測後供給手段は、前記比較手段による比較結果に応じて排気通路への未燃燃料の供給態様を切り替えるものである請求項 1～5 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 7】

前記予測後供給手段は、前記比較手段により前記差圧が所定値以上であると判定されたときには、前記捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす燃料量よりもわずかに多い量の未燃燃料を供給する一方、前記差圧が前記所定値未満であると判定されたときには、所定の量の未燃燃料を供給するものである請求項 6 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 8】

前記未燃燃料は、供給期間及び供給停止期間からなる燃料供給サイクルに基づき前記排気通路に供給され、

前記予測後供給手段は、前記比較手段により前記差圧が所定値以上であると判定されたときには、前記捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす前記燃料供給サイクルの持続時間よりもわずかに長く前記未燃燃料の供給を持続する一方、前記差圧が前記所定値未満であると判定されたときには、前記燃料供給サイクルを所定回数行うものである請求項 6 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関から排出される排気を浄化する排気浄化装置に関し、より詳しくは、排気通路に設けた捕集器により排気中の微粒子物質（PM）を捕集するようにした内燃機関の排気浄化装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ディーゼルエンジン等の内燃機関の排気浄化装置として、排気中に含まれる微粒子物質（PM）を排気通路途中の捕集器によって捕集するとともに、堆積した微粒子物質を燃焼除去して捕集器を再生する再生制御を行うものが知られている。この再生制御に際しては、捕集器に堆積する微粒子物質の量（堆積量）が内燃機関の運転状態に基づいて推定される。そして、推定された堆積量が所定値以上であることを含む所定の再生条件が満たされると、機関駆動用の燃料噴射弁とは別に設けられた排気燃料添加弁から排気通路の捕集器よりも上流に燃料が添加される。この添加燃料が捕集器にて燃焼されて熱を発生する。この熱によって捕集器の温度が微粒子除去可能温度（600℃程度）まで上昇し、微粒子物質が燃焼除去されて捕集器が再生される。

【0003】

上記排気浄化装置に関連する技術として、例えば特許文献1には、捕集器の上流に酸化触媒等の排気浄化触媒を設け、排気空燃比を適当な間隔でリッチとリーンとに繰り返し制御することにより微粒子物質を燃焼除去することが記載されている。

【0004】

なお、本発明に係る先行技術文献としては、上記特許文献1のほかにも下記の特許文献2及び特許文献3が挙げられる。

【特許文献1】 特開2002-227688号公報

【特許文献2】 特開2002-332822号公報

【特許文献3】 特開2003-20930号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、排気浄化触媒の上流端には未燃燃料が付着しやすい。この付着した未燃燃料を完全に燃焼し尽くことは難しくデポジットとして残る。これは次の理由による。排気浄化触媒及び捕集器については、排気浄化触媒の上流端では温度が低く下流側になるほど温度が高くなる温度分布となる。そのため、捕集器の温度が捕集機能を発揮する温度領域の上限値（高温限界温度）よりも高くなるのを抑制する観点からは、排気浄化触媒の温度を上げようにも限度がある。この温度は添加した燃料を燃焼する温度には達しても、デポジットを燃焼する温度に達しない。そのため、添加した燃料は燃焼するもののデポジットが燃焼せずに残る。

【0006】

上記のようにして残ったデポジットは排気浄化触媒の反応性を低下させ、捕集器での微粒子物質の燃え残りを誘発する。その結果、次の捕集器の再生に際し、燃料添加に伴い排気空燃比がリッチにされたときに、捕集器に燃え残っていた微粒子物質が一気に燃焼し、捕集器の温度が過剰に上昇（過昇温）するおそれがある。こうした不具合は、捕集器の上流に排気浄化触媒が設けられていない場合にも同様にして起こり得る。

【0007】

本発明はこのような実情に鑑みてなされたものであって、その目的は、微粒子物質の捕集器での燃え残りを少なくし、次の再生時に捕集器の温度が過剰に上昇するのを抑制することのできる内燃機関の排気浄化装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

以下、上記目的を達成するための手段及びその作用効果について記載する。

請求項1に記載の発明では、内燃機関の排気通路に微粒子物質の捕集器を設け、未燃燃料を前記排気通路に供給して同捕集器に堆積した微粒子物質を燃焼除去することにより同捕集器を再生させるようにした内燃機関の排気浄化装置において、前記微粒子物質の燃焼除去の終了を予測する予測手段と、前記予測手段による予測後に前記排気通路に未燃燃料を供給する予測後供給手段とを備えている。

【0009】

上記の構成の排気浄化装置によれば、内燃機関から排出される排気中の微粒子物質が、排気通路に設けられた捕集器で捕集される。一方、前記排気通路には未燃燃料が供給されて、捕集器に堆積した微粒子物質が燃焼される。この燃焼により捕集器に堆積した微粒子物質が除去されて、その捕集器が再生される。

【0010】

ところで、排気通路において捕集器の上流側に排気浄化触媒が設けられていない場合にはその捕集器の上流端に未燃燃料が付着しやすい。また、捕集器の上流側に排気浄化触媒が設けられている場合には、その排気浄化触媒の上流端に未燃燃料が付着しやすい。こうした未燃燃料を完全に燃焼し尽くすことは難しくデポジットとして残る場合がある。このデポジットは捕集器での微粒子物質の燃え残りを誘発する。

【0011】

この点、請求項1に記載の発明では、上記排気浄化装置による捕集器の再生に際し、予測手段により微粒子物質の燃焼除去の終了が予測されると、その予測後にも予測後供給手段により未燃燃料が供給される。この未燃燃料により、捕集器の燃え残りの微粒子物質を完全に燃焼除去することが可能となる。そのため、この燃え残りの微粒子物質が除去されずに次の捕集器の再生時まで残り続けることによる不具合、すなわち、同再生時に同微粒子物質が一気に燃焼して捕集器の温度が過剰に上昇する現象を抑制することができる。

【0012】

請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の発明において、前記内燃機関の運転状態に基づき前記捕集器での微粒子物質の堆積量を推定する堆積量推定手段をさらに備え、前記予測手段は、前記堆積量推定手段による微粒子物質の堆積量に基づいて、前記微粒子物質の燃焼除去の終了を予測するものであるとする。

【0013】

上記の構成によれば、捕集器への微粒子物質の堆積が進行するに従い同捕集器における微粒子物質の堆積量が増大する。これに対し、未燃燃料による微粒子物質の燃焼除去が進行すると、捕集器に堆積している微粒子物質の量が減少する。そして、堆積量が「0」になれば、捕集器に堆積した微粒子物質が燃焼し尽くしたと考えられる。

【0014】

この点、請求項2に記載の発明では、捕集器に堆積している微粒子物質の堆積量が堆積量推定手段によって推定される。この推定は、内燃機関の運転状態に基づいて行われる。予測手段では、堆積量推定手段によって推定された堆積量に基づいて微粒子物質の燃焼除去の終了が予測される。従って、推定された堆積量と所定値、例えば「0」よりもわずかに大きな値とを比較し、堆積量がその所定値以下である場合に燃焼除去が終了間近であることを予測可能である。

【0015】

請求項3に記載の発明では、請求項1又は2に記載の発明において、前記排気通路における前記捕集器よりも上流側の排気圧力と、同捕集器よりも下流側の排気圧力との差圧を検出する差圧検出手段をさらに備え、前記予測手段は、前記差圧検出手段による差圧に基づいて、前記微粒子物質の燃焼除去の終了を予測するものであるとする。

【0016】

排気浄化装置では、捕集器への微粒子物質の堆積が進行するに従い、この微粒子物質が排気の流れの妨げとなり、排気の流動抵抗が増加する。これに伴い、排気通路における捕

集器よりも上流側の排気圧力と下流側の排気圧力との差圧（圧力損失）が大きくなる。この差圧は、未燃燃料による微粒子物質の燃焼除去が進行して、捕集器に堆積している微粒子物質の量が減少するに従い小さくなる。

【0017】

この点、請求項3に記載の発明では、排気通路における捕集器よりも上流側の排気圧力と、下流側の排気圧力との差圧が差圧検出手段によって検出される。予測手段では、差圧検出手段によって検出された差圧に基づいて微粒子物質の燃焼除去の終了が予測される。従って、例えば検出された差圧と所定値とを比較し、差圧がその所定値未満である場合に燃焼除去が終了間近であることを予測可能である。

【0018】

請求項4に記載の発明では、請求項1～3のいずれか1つに記載の発明において、前記排気通路の前記捕集器よりも上流に設けられた排気浄化触媒をさらに備え、前記未燃燃料は前記排気通路の前記排気浄化触媒よりも上流に供給されるとする。

【0019】

上記の構成によれば、内燃機関から排出される排気は、捕集器よりも上流側に配置された排気浄化触媒を通過する過程で浄化される。また、排気中の微粒子物質は捕集器で捕集される。一方、捕集器で捕集された微粒子物質は、排気通路において排気浄化触媒よりも上流に供給される未燃燃料により燃焼される。この燃焼により、捕集器により堆積した微粒子物質が除去される。

【0020】

ところで、上記のように微粒子物質の燃焼除去を目的として供給される未燃燃料は、排気浄化触媒の上流端に付着しやすい。こうした未燃燃料を完全に燃焼し尽くすことは難しくデポジットとして残る場合がある。このデポジットは排気浄化触媒の反応性を低下させ、捕集器での微粒子物質の燃え残りを誘発する。

【0021】

この点、請求項4に記載の発明では、請求項1に記載の発明の項に記載したように、捕集器の再生に際し、予測手段により微粒子物質の燃焼除去の終了が予測された後にも予測後供給手段により未燃燃料が供給される。この未燃燃料により、捕集器の燃え残りの微粒子物質を完全に燃焼除去することが可能となる。従って、燃え残りの微粒子物質が除去されずに次の捕集器の再生時まで残り続けて、同再生時に同微粒子物質が一気に燃焼して捕集器の温度が過剰に上昇する現象を抑制することができる。

【0022】

請求項5に記載の発明では、請求項1～4のいずれか1つに記載の発明において、前記未燃燃料は、供給期間及び供給停止期間からなる燃料供給サイクルに基づき間欠的に前記排気通路に供給されるものであるとする。

【0023】

排気通路において捕集器の上流側に排気浄化触媒が設けられていない場合には、その捕集器の上流端に未燃燃料が付着し、デポジットして残りやすい。これに対し、捕集器の上流側に排気浄化触媒が設けられている場合には、その排気浄化触媒の上流端に未燃燃料が付着し、デポジットして残りやすい。このようにして付着したデポジットを除去するために、仮に、単に未燃燃料の供給量を増量すると、捕集器の上流端又は排気浄化触媒の上流端を昇温させてデポジットを除去可能であるが、それよりも下流側の部位ではさらに昇温して、温度が過剰に高くなって捕集器等を劣化させるおそれがある。

【0024】

この点、請求項5に記載の発明では、未燃燃料が燃料供給サイクルに基づいて排気通路に間欠的に供給される。正確には、燃料供給サイクルの供給期間には未燃燃料が供給され、供給停止期間には未燃燃料の供給が停止される。初回の供給期間に供給される未燃燃料の燃焼に伴い発生する熱は、排気浄化触媒の上流端又は捕集器の上流端の昇温に消費され、その分、下流側の部位の昇温が遅れる。そのため、初回の燃料供給サイクルにおける供給期間の直後には、排気浄化触媒及び／又は捕集器について、上流側の温度が下流側の温

度よりも一時的に高くなる。そして、燃料供給サイクルを繰り返すことで、上下流方向の部位に拘わらず同程度の温度分布となる。結果として、捕集器等の熱による劣化を抑制しつつデポジット及び燃え残りの微粒子物質をともに燃焼除去することができる。

【0025】

請求項6に記載の発明では、請求項1～5のいずれか1つに記載の発明において、前記排気通路における前記捕集器よりも上流側の排気圧力と、同捕集器よりも下流側の排気圧力との差圧を検出する差圧検出手段と、前記予測手段による終了予測時における前記差圧検出手段による差圧と所定値とを比較する比較手段とをさらに備え、前記予測後供給手段は、前記比較手段による比較結果に応じて排気通路への未燃燃料の供給態様を切り替えるものであるとする。

【0026】

排気浄化装置では、捕集器への微粒子物質の堆積が進行するに従い、この微粒子物質が排気の流れの妨げとなり、排気の流動抵抗が増加する。これに伴い、排気通路における捕集器よりも上流側の排気圧力と下流側の排気圧力との差圧（圧力損失）が大きくなる。この差圧は、未燃燃料による微粒子物質の燃焼除去が進行して、捕集器に堆積している微粒子物質の量が減少するに従い小さくなる。

【0027】

この点、請求項6に記載の発明では、排気通路における捕集器よりも上流側の排気圧力と、同捕集器よりも下流側の排気圧力との差圧が差圧検出手段によって検出される。比較手段では、予測手段によって微粒子物質の燃焼除去の終了が予測されたとき、差圧検出手段によって検出された差圧と所定値とが比較される。そして、予測後供給手段では、この比較手段による比較結果に応じて、すなわち、差圧と所定値との大小関係に応じて、排気通路への未燃燃料の供給態様が切り替えられる。従って、常に単一の態様で未燃燃料を供給する場合に比べ、捕集器での微粒子物質の燃え残り量に応じて、適切な態様での燃焼除去が可能となる。

【0028】

請求項7に記載の発明では、請求項6に記載の発明において、前記予測後供給手段は、前記比較手段により前記差圧が所定値以上であると判定されたときには、前記捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす燃料量よりもわずかに多い量の未燃燃料を供給する一方、前記差圧が前記所定値未満であると判定されたときには、所定の量の未燃燃料を供給するものであるとする。

【0029】

上記の構成によれば、比較手段により差圧が所定値以上であると判定された場合には、微粒子物質の燃焼除去が終了したと予測された後も未だある程度の微粒子物質が捕集器に残存していると考えられる。この場合には、捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす燃料量よりもわずかに多い量の未燃燃料が供給される。この供給により、捕集器に残存している微粒子物質が確実に燃焼除去される。

【0030】

一方、比較手段により差圧が所定値未満であると判定された場合には、微粒子物質の燃焼除去が終了したと予測された後に捕集器に残存している微粒子物質の量はわずかであると考えられる。この場合には、残存している微粒子物質の量に拘わらず所定の量の未燃燃料が供給される。この供給により捕集器に残存している微粒子物質が燃焼除去される。この際、供給される未燃燃料の量が所定量に制限されることから、未燃燃料がいたずらに多く供給されることによる燃費悪化が抑制される。

【0031】

請求項8に記載の発明では、請求項6に記載の発明において、前記未燃燃料は、供給期間及び供給停止期間からなる燃料供給サイクルに基づき前記排気通路に供給され、前記予測後供給手段は、前記比較手段により前記差圧が所定値以上であると判定されたときには、前記捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす前記燃料供給サイクルの持続時間よりもわずかに長く前記未燃燃料の供給を持続する一方、前記差圧が前記所定値未満であ

ると判定されたときには、前記燃料供給サイクルを所定回数行うものであるとする。

【0032】

上記の構成によれば、比較手段により差圧が所定値以上であると判定された場合には、微粒子物質の燃焼除去が終了したと予測された後も未だある程度の微粒子物質が捕集器に残存していると考えられる。この場合には、捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす燃料供給サイクルの持続時間よりもわずかに長く未燃燃料の供給が持続される。この持続により、捕集器に残存している微粒子物質が確実に燃焼除去される。

【0033】

一方、比較手段により差圧が所定値未満であると判定された場合には、微粒子物質の燃焼除去が終了したと予測された後に捕集器に残存している微粒子物質の量はわずかであると考えられる。この場合には、捕集器に残存している微粒子物質を燃焼し尽くす燃料供給サイクルの持続時間に拘わらず燃料供給サイクルが所定回数行われる。この所定回数の燃料供給サイクルの実施により捕集器に残存している微粒子物質が燃焼除去される。この際、実施される燃料供給サイクルの回数が所定回数に制限されることから、燃料供給サイクルがいたずらに継続されることによる燃費悪化が抑制される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下、本発明を具体化した一実施形態について図1～図4を参照して説明する。図1は、本実施形態が適用される内燃機関としてのディーゼルエンジン（以下、単にエンジンという）10及びその排気浄化装置11の構成を示している。エンジン10は、大きくは吸気通路12、燃焼室13、及び排気通路14を備えて構成されている。吸気通路12の最上流部には、同吸気通路12に吸入された空気を浄化するエアクリーナ15が設けられている。エンジン10においては、エアクリーナ15から吸気下流側に向けて順に、吸気通路12内の空気の流量を検出するエアフロメータ16、ターボチャージャ17のコンプレッサ17A、インタークーラ18、及び吸気絞り弁19が配設されている。そして、吸気通路12は、吸気絞り弁19の吸気下流側に設けられた吸気マニホールド20において分岐されており、この分岐部分を通じて、エンジン10の各気筒の燃焼室13に接続されている。

【0035】

各気筒の燃焼室13には、同燃焼室13内での燃焼に供される燃料を噴射する燃料噴射弁21がそれぞれ設けられている。各燃料噴射弁21には、燃料供給路22を通じて燃料タンク23から燃料が供給される。燃料供給路22には、燃料タンク23から燃料を吸引して加圧吐出する燃料ポンプ24、及びその吐出された高圧燃料を蓄圧する高圧燃料配管であるコモンレール25が設けられている。そして、各気筒の燃料噴射弁21はコモンレール25にそれぞれ接続されている。

【0036】

一方、排気通路14には、各気筒から排出された排気を集合させるための排気マニホールド26、及びターボチャージャ17のタービン17Bが設けられている。

さらに、エンジン10には、排気の一部を吸気中に再循環させる排気再循環（以下、「EGR」という）装置50が採用されている。EGR装置50は、吸気通路12と排気通路14とを連通させるEGR通路27を備えて構成されている。EGR通路27の上流側は、排気通路14の排気マニホールド26とタービン17Bとの間に接続されている。EGR通路27の途中には、その上流側から順に、再循環される排気を浄化するEGRクーラ触媒28、再循環される排気を冷却するEGRクーラ29、再循環される排気の流量を調整するEGR弁30が配設されている。そしてEGR通路27の下流側は、吸気通路12の吸気絞り弁19と吸気マニホールド20との間に接続されている。

【0037】

こうしたエンジン10では、吸気通路12に吸入された空気が、エアクリーナ15で浄化された後、ターボチャージャ17のコンプレッサ17Aに導入される。コンプレッサ17Aでは、導入された空気が圧縮され、インタークーラ18に吐出される。圧縮によって

高温となった空気は、インタークーラ 18 にて冷却された後、吸気絞り弁 19 及び吸気マニホールド 20 を介して各気筒の燃焼室 13 に分配供給される。こうした吸気通路 12 内の空気の流量は吸気絞り弁 19 の開度制御を通じて調整される。また、その空気の流量、すなわち吸入空気量はエアフロメータ 16 により検出される。

【0038】

空気の導入された燃焼室 13 では、各気筒の圧縮行程において燃料噴射弁 21 から燃料が噴射される。そして、吸気通路 12 を通じて導入された空気と燃料噴射弁 21 から噴射された燃料との混合気が燃焼室 13 内で燃焼される。このときに生じた高温高压の燃焼ガスによりピストン 51 が往復動され、出力軸であるクランクシャフト 52 が回転されて、エンジン 10 の駆動力（出力トルク）が得られる。エンジン 10 には、クランクシャフト 52 の回転速度であるエンジン回転速度 NE を検出する NE センサ 42 が設けられている。NE センサ 42 は、エンジン 10 のクランクシャフト 52 に装着されたロータと、その近傍に配設された電磁ピックアップとを備えている。電磁ピックアップは、クランクシャフト 52 の回転に伴いロータが回転して、そのロータ外周の突起が電磁ピックアップの前方を通過する毎にパルス信号（NE パルス）を出力する。そして、一定時間内に NE センサ 42 から出力される NE パルスの数に基づいてエンジン回転速度 NE が求められる。

【0039】

各気筒の燃焼室 13 での燃焼により生じた排気は、排気マニホールド 26 を通じてターボチャージャ 17 のタービン 17B に導入される。この導入された排気の流勢によってタービン 17B が駆動されると、吸気通路 12 に設けられたコンプレッサ 17A が連動して駆動され、上記空気の圧縮が行われる。

【0040】

一方、上記燃焼により生じた排気の一部は EGR 通路 27 に導入される。EGR 通路 27 に導入された排気は、EGR クーラ触媒 28 で浄化され、EGR クーラ 29 で冷却された後、吸気通路 12 の吸気絞り弁 19 の吸気下流側の空気中に再循環される。こうして再循環される排気の流量は、EGR 弁 30 の開度制御を通じて調整される。

【0041】

上記のようにしてエンジン 10 が構成されている。次に、このエンジン 10 から排出される排気を浄化するための排気浄化装置 11 について説明する。排気浄化装置 11 は、排気燃料添加弁 31 を備えるほか、排気浄化触媒として 3 つの触媒コンバータ（第 1 触媒コンバータ 32、第 2 触媒コンバータ 33、及び第 3 触媒コンバータ 34）を備えて構成されている。

【0042】

最上流の第 1 触媒コンバータ 32 は請求項における排気浄化触媒に相当するものであり、タービン 17B の排気下流側に配設されており、吸蔵還元型の NO_x 触媒が担持されている。第 1 触媒コンバータ 32 では、排気中の窒素酸化物 NO_x を吸蔵するとともに、還元剤となる未燃燃料成分の供給によりその吸蔵した窒素酸化物 NO_x を還元して浄化する。第 2 触媒コンバータ 33 は第 1 触媒コンバータ 32 の排気下流側に配設されている。第 2 触媒コンバータ 33 は請求項における捕集器として機能するものであり、排気中のガス成分の通過を許容し、かつ同排気中の微粒子物質 PM の通過を阻止する多孔質材によって形成されており、吸蔵還元型の NO_x 触媒が担持されている。なお、ここでは第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コンバータ 33 が一体に形成されている。第 3 触媒コンバータ 34 は第 2 触媒コンバータ 33 の排気下流側に配設されている。第 3 触媒コンバータ 34 には、排気中の炭化水素 HC 及び一酸化炭素 CO の酸化を通じて排気の浄化を行う酸化触媒が担持されている。

【0043】

排気燃料添加弁 31 は排気マニホールド 26 の排気集合部に配設されている。また、排気燃料添加弁 31 は、燃料通路 35 を通じて前記燃料ポンプ 24 に接続されており、同燃料ポンプ 24 から供された燃料を還元剤として排気中に噴射して添加する。この添加された燃料により排気を一時的に還元雰囲気として第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コン

バータ 33 に吸蔵されている窒素酸化物 NO_x を還元浄化する。さらに、第 2 触媒コンバータ 33 では微粒子物質 PM の浄化も同時に実行する。

【0044】

なお、排気通路 14 において第 1 触媒コンバータ 32 と第 2 触媒コンバータ 33 との間の空間には、同空間を通過する排気の温度、すなわち第 2 触媒コンバータ 33 に流入する前の排気の温度を検出する排気温度センサ 36 が配設されている。また、排気通路 14 において第 2 触媒コンバータ 33 よりも下流の空間には、同空間を通過する排気の温度、すなわち第 2 触媒コンバータ 33 を通過した直後の排気の温度を検出する排気温度センサ 37 が配設されている。また排気通路 14 には、第 2 触媒コンバータ 33 の排気上流側における排気圧力と排気下流側における排気圧力との差圧 ΔP を検出する差圧検出手段としての差圧センサ 38 が配設されている。差圧センサ 38 によって検出される差圧 ΔP は、第 2 触媒コンバータ 33 の内部の目詰まりを検出するために用いられる。さらに、排気通路 14 の第 1 触媒コンバータ 32 の排気上流側、及び第 2 触媒コンバータ 33 と第 3 触媒コンバータ 34 との間には、排気中の酸素濃度を検出する酸素センサ 39, 40 がそれぞれ配設されている。

【0045】

以上説明したエンジン 10 及び排気浄化装置 11 の制御は電子制御装置 41 によって行われる。電子制御装置 41 は、エンジン 10 の制御に係る各種処理を実行する CPU、その制御に必要なプログラムやデータが記憶された ROM、CPU の処理結果等が記憶される RAM、外部との情報のやり取りを行うための入・出力ポート等を備えて構成されている。

【0046】

電子制御装置 41 の入力ポートには、上述した各センサに加え、アクセル操作量を検出するアクセルセンサ 43、コモンレール 25 の内圧を検出するコモンレールセンサ 44、吸気絞り弁 19 の開度を検出する絞り弁センサ 45 等が接続されている。

【0047】

また、電子制御装置 41 の出力ポートには、上記吸気絞り弁 19 や燃料噴射弁 21、燃料ポンプ 24、排気燃料添加弁 31、EGR 弁 30 等が接続されている。そして電子制御装置 41 は、上記各センサの検出結果に基づき、それら出力ポートに接続された機器類を制御することで、エンジン 10 の各種運転制御を実施する。各種運転制御には燃料噴射弁 21 による燃料噴射時期制御や燃料噴射量制御が含まれるほか、排気の浄化に係る制御等が含まれている。

【0048】

この排気の浄化に係る制御の 1 つとして電子制御装置 41 は排気浄化触媒に対する制御を実行する。この制御には、触媒再生制御モード、硫黄被毒回復制御モード、 NO_x 還元制御モード、及び通常制御モードという 4 つの触媒制御モードが設定されており、電子制御装置 41 は触媒コンバータ 32～34 の状態に応じた触媒制御モードを選択して実行する。

【0049】

触媒再生制御モードとは、特に第 2 触媒コンバータ 33 内に堆積している微粒子物質 PM を燃焼させて二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O にして排出する制御を行うモードである。このモードは、第 2 触媒コンバータ 33 に堆積した微粒子物質 PM の重量（推定堆積量 PM_{sm} ）が所定の値（開始判定値 PM_{start} ）以上となることを少なくとも条件に開始され、同推定堆積量 PM_{sm} が「0 [g]」又はそれに近い値（終了判定値 PM_{end} ）以下になることを条件に終了される。

【0050】

ここで、推定堆積量 PM_{sm} は、別途の処理において次式 (1) に基づいて算出される。

$$\text{PM}_{sm} \leftarrow \text{Max} [\text{PM}_{sm} + \text{PM}_e - \text{PM}_c, \text{「0」}] \quad \dots (1)$$

上記式 (1) 中、右辺の推定堆積量 PM_{sm} は、前回の処理時に算出された推定堆積量

PM_{sm}である。

【0051】

PM_eは、1回の処理が行われる期間にエンジン10の全燃焼室13から排出される微粒子物質PMの量（エンジン排出量）であり、例えば、エンジン回転速度NE及び負荷（ここでは燃料噴射弁21からの燃料噴射量）と、エンジン排出量PM_eとの関係を予め規定したマップに基づいて求められる。

【0052】

PM_cは、1回の処理が行われる期間に第2触媒コンバータ33に捕集された微粒子物質PMが酸化により浄化される量（酸化量）であり、例えば、第2触媒コンバータ33の触媒床温（ここでは排気温センサ37による排気温）及び吸入空気量GAと、酸化量PM_cとの関係を予め規定したマップに基づいて求められる。

【0053】

また、右辺のMaxは[]内の数値の中で大きい方の数値を抽出する演算子である。従って、「PM_{sm}+PM_e-PM_c」がプラスであれば、「PM_{sm}+PM_e-PM_c」の値が推定堆積量PM_{sm}として設定されるが、マイナスになると推定堆積量PM_{sm}には「0」gが設定される。電子制御装置41による上述した推定堆積量PM_{sm}を算出する処理は、堆積量推定手段に相当する。

【0054】

触媒再生制御モードが設定されると、空燃比が理論空燃比（ストイキ）よりも高い状態で、排気燃料添加弁31からの燃料添加を継続的に繰り返して触媒温度（触媒床温）を高温化（600～700℃）する。この処理を、後述するバーンアップ触媒再生処理と区別するために、通常の触媒再生処理という。

【0055】

ここで、推定堆積量PM_{sm}に基づいて未燃燃料を供給して微粒子物質PMの燃焼除去を行った場合、その推定堆積量PM_{sm}が実際の堆積量に対し少ない側へ乖離していると、微粒子物質PMが完全に燃焼除去されずに燃え残るおそれがある。この乖離の要因の1つとして、第1触媒コンバータ32の上流端での未燃燃料の付着が挙げられる。この付着した未燃燃料を完全に燃焼し尽くすことは難しくデポジットとして残る場合がある。これは次の理由による。図2（B）において実線で示すように、一般に、図2（A）に示すように配置された第1触媒コンバータ32及び第2触媒コンバータ33については下流側ほど温度が高くなる温度分布となる。そのため、第2触媒コンバータ33の温度が捕集機能を発揮する温度領域の上限値（高温限界温度）よりも高くなるのを抑制する観点からは、第1触媒コンバータ32の上流端の温度を上げようにも限度がある。この温度は添加した燃料を燃焼する温度には達しても、デポジットを燃焼する温度に達しない。そのため、添加した燃料は燃焼するもののデポジットが燃焼せずに残る。

【0056】

このデポジットは、第2触媒コンバータ33での微粒子物質PMの燃え残りを誘発し、この燃え残りにより推定堆積量PM_{sm}が実際の堆積量から乖離する。そこで、デポジットを除去することが重要である。デポジットの燃焼除去には、第1触媒コンバータ32の上流端を昇温させることが有効である。しかし、単純に未燃燃料の供給量を増やすと、同図2（B）の二点鎖線で示すように、第1触媒コンバータ32の上流端を昇温させることができるものの、第2触媒コンバータ33の温度が高くなって、その下流側の部位では過昇温が発生するおそれがある。そのため、この方法を採用することは現実的ではない。

【0057】

この点、本実施形態では、通常の触媒再生処理による微粒子物質PMの燃焼除去の終了を予測した後も排気通路14に未燃燃料を供給（間欠添加）することで、燃え残っている微粒子物質PMを完全に燃焼除去するようにしている。このように、微粒子物質PMを燃え尽くすための処理をバーンアップ（BU）触媒再生処理という。

【0058】

バーンアップ触媒再生処理では、燃料を供給する供給期間と、その燃料供給を停止する

供給停止期間とからなる燃料供給サイクルを実行することで、排気燃料添加弁 31 から排気通路 14 に未燃燃料を間欠的に供給する。この間欠的な燃料添加により空燃比をストイキ又はストイキよりもわずかに低い空燃比とする処理を、全く燃料添加を行わない期間を間において行う。ここでは、ストイキよりもわずかに低い空燃比とするリッチ化を行うようにしている。

【0059】

初回の燃料供給サイクルの供給期間に供給される未燃燃料が燃焼され、それに伴い熱が発生する。この熱は、第 1 触媒コンバータ 32 の上流端の昇温に消費され、その分、下流側の部位、特に第 2 触媒コンバータ 33 の昇温が遅れる。これに伴い、図 2 (C) に示すように、第 1 触媒コンバータ 32 の温度が第 2 触媒コンバータ 33 の温度よりも高い状態が一時的に生ずる。そして、一般に微粒子物質 PM の残存量が多い状況下で未燃燃料を供給し続けた場合には下流側の部位ほど温度が高くなる温度分布となるところ、ここでは燃料供給サイクルが繰り返されることで、第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コンバータ 33 の温度分布は図 2 (D) に示すように、上下流のどの部位においても同程度となる。

【0060】

バーンアップ触媒再生処理には、2つの態様（第 1 バーンアップ触媒再生処理、第 2 バーンアップ触媒再生処理）が設定されている。第 1 バーンアップ触媒再生処理では、推定堆積量 PM_{sm} を増量補正することで、第 2 触媒コンバータ 33 に燃え残っている微粒子物質 PM を燃焼し尽くす燃料量よりもわずかに多い量の未燃燃料を供給する。これに対し、第 2 バーンアップ触媒再生処理では、第 2 触媒コンバータ 33 に燃え残っている微粒子物質 PM の量に拘わらず所定の量の未燃燃料を供給する。同一の触媒再生制御モードでは、いずれか一方の態様に従ってバーンアップ触媒再生処理を行う。どちらの態様を行うかは、排気通路 14 における第 2 触媒コンバータ 33 よりも上流側の排気圧力と下流側の排気圧力との差圧 ΔP による。差圧 ΔP が所定値（判定値 D_p ）以上の場合には、比較的多くの微粒子物質 PM が第 2 触媒コンバータ 33 に燃え残っていて圧力損失が大きくなっていると考えられる。これに対し、差圧 ΔP が判定値 D_p 未満の場合には、第 2 触媒コンバータ 33 に燃え残っている微粒子物質 PM が少なく圧力損失が小さくなっていると考えられる。そこで、前者の場合には第 1 バーンアップ触媒再生処理を行い、後者の場合には第 2 バーンアップ触媒再生処理を行うようにしている。

【0061】

上記硫黄被毒回復制御モードとは、第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コンバータ 33 内の NO_x 吸蔵還元触媒が硫黄酸化物 SO_x によって被毒されて窒素酸化物 NO_x の吸蔵能力が低下した場合に硫黄酸化物 SO_x を放出させる制御を行うモードである。

【0062】

上記 NO_x 還元制御モードとは、第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コンバータ 33 内の NO_x 吸蔵還元触媒に吸蔵された窒素酸化物 NO_x を、窒素 N_2 、二酸化炭素 CO_2 及び水 H_2O に還元して放出するモードである。このモードでは、排気燃料添加弁 31 からの比較的長時間をおいた間欠的な燃料添加により、触媒温度が比較的低温（例えば 250～500℃）となる。これ以外の状態が通常制御モードとなり、このモードでは排気燃料添加弁 31 からの還元剤添加はなされない。

【0063】

次に、前記のように構成された本実施形態の作用について説明する。図 3 のフローチャートは、電子制御装置 41 により実行される処理のうち、上記触媒再生制御モード時において通常の触媒再生処理が開始された後に行われる触媒再生制御ルーチンを示している。

【0064】

この触媒再生制御ルーチンでは、電子制御装置 41 はまずステップ 100 において、通常の触媒再生処理からバーンアップ触媒再生処理への移行条件が成立しているかどうかを判定する。同移行条件は、「推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BUp_{pm} 以下である」ことである。移行判定値 BUp_{pm} は、上記開始判定値 PM_{start} よりも十分に小さく、かつ終了判定値 PM_{end} よりもわずかに大きな値（例えば「0.35 [g]」）に設定され

ている。

【0065】

ステップ100の処理は、表現を変えると、通常の触媒再生処理による微粒子物質PMの燃焼除去が終了するタイミング又はその直前のタイミングであるかどうかを推定堆積量PM_{sm}に基づいて判定する処理ともいえる。これは、第2触媒コンバータ33では微粒子物質PMの堆積が進行するに従いその堆積量が増大し、微粒子物質PMの燃焼除去が進行すると堆積量が減少するところ、堆積量が「0」又はそれに近い値になれば（ステップ100：YES）、第2触媒コンバータ33に堆積した微粒子物質PMが燃焼し尽くした、又はそれに近い状態になっているからである。

【0066】

ステップ100の判定条件が満たされていない（PM_{sm}>BU_{pm}）と、ステップ110において、今回の触媒再生制御モード中に推定堆積量PM_{sm}を補正したことがあるかどうか（補正履歴の有無）を判定する。この推定堆積量PM_{sm}の補正の詳細については後述する。ステップ110の判定条件が満たされていない（捕集履歴無し）と、ステップ120へ移行して通常の触媒再生処理を行う。上述したように、この通常の触媒再生処理では、空燃比が理論空燃比（ストイキ）よりも高い状態で、排気燃料添加弁31からの燃料添加を継続的に繰り返す。上記ステップ120の処理により触媒温度が高温化（例えば、600～700℃）して、第2触媒コンバータ33に堆積した微粒子物質PMが燃焼除去されて、その第2触媒コンバータ33が再生される。これに伴い上記式（1）における酸化量PM_cがエンジン排出量PM_eがより多くなって（PM_e<PM_c）、推定堆積量PM_{sm}が次第に少なくなる。そして、ステップ120の処理を経た後に触媒再生制御ルーチンを一旦終了する。

【0067】

推定堆積量PM_{sm}が次第に減少することによりステップ100の判定条件が満たされる（PM_{sm}≤BU_{pm}）と、すなわち、通常の触媒再生処理からバーンアップ触媒再生処理への移行条件が成立すると、ステップ130へ移行する。ステップ130では、第1及び第2のいずれのバーンアップ触媒再生処理を行うかを判定する。この判定は、前述したように差圧ΔPと判定値D_pとを比較することにより行われる。なお、ここでの比較には、差圧ΔPをそのまま用いるのではなく、差圧ΔPと吸入空気量GAとの比（=ΔP/GA）を用いる。これは、差圧ΔPの吸入空気量GAからの影響を排除するためである。すなわち、吸入空気量GAが多くなるに従い第2触媒コンバータ33での圧力損失が増加して差圧ΔPが増加する。そのため、吸入空気量GAで除した値（=ΔP/GA）を用いることで、吸入空気量GAの多少に拘わらず正確な比較を行うことが可能となる。ここでは、判定値D_pとして一定の値が用いられている。

【0068】

なお、吸入空気量GAを排気流量に変更し、（ΔP/排気流量）を判定値D_pとの比較に用いる方が実際には適合する。しかし、吸入空気量GAが排気流量と正比例関係にあることから、上記のように（ΔP/GA）を用いても精度上問題となることはない。

【0069】

ステップ130の判定条件が満たされている（（ΔP/GA）≥D_p）と、第2触媒コンバータ33に燃え残っている微粒子物質PMの量が比較的多いと考えられることから、ステップ140～160において第1バーンアップ触媒再生処理を行う。詳しくは、まずステップ140では、第1バーンアップ触媒再生処理による推定堆積量PM_{sm}の増量補正を行った回数が、所定の停止判定回数N_p（例えば、2回）以下であるかどうかを判定する。この判定条件が満たされていると、ステップ150において、所定の増量変換値UP_{pm}を推定堆積量PM_{sm}として設定する。ただし、増量変換値UP_{pm}は移行判定値BU_{pm}よりも大きな一定の値である。このようにして、当初、移行判定値BU_{pm}以下であった推定堆積量PM_{sm}を、補正により、同移行判定値BU_{pm}よりも大きな増量変換値UP_{pm}に変更（かさ上げ）する。そして、ステップ160において、この補正後の推定堆積量PM_{sm}に基づき第1バーンアップ触媒再生処理を行う。すなわち、供給期間

と供給停止期間とからなる燃料供給サイクルを実行することで、排気燃料添加弁31から排気通路14に未燃燃料を間欠的に供給する。この間欠的な未燃燃料の供給により、第1触媒コンバータ32の上流端に付着しているデポジット、及び第2触媒コンバータ33に堆積している微粒子物質PMがともに燃焼除去される。

【0070】

ステップ160の処理を経た後に、続いてステップ170において推定堆積量 PM_{sm} が終了判定値 PM_{end} よりも多いかどうかを判定する。この判定条件が満たされていない($PM_{sm} \leq PM_{end}$)と、ステップ180においてバーンアップ触媒再生処理(この場合第1バーンアップ触媒再生処理)を終了し、その後に触媒再生制御ルーチンを一旦終了する。これに対し、ステップ170の判定条件が満たされている($PM_{sm} > PM_{end}$)と、そのまま触媒再生制御ルーチンを一旦終了する。

【0071】

なお、ステップ150の増量補正により推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} よりも大きくなり、ステップ160での第1バーンアップ触媒再生処理を経た後に推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} よりも大きいと、次の触媒再生制御ルーチン実行時には、ステップ100の判定条件が満たされなくなる。しかし、ステップ110の判定条件が満たされる。この場合には、ステップ160へ移行して前述した第1バーンアップ触媒再生処理を行う。ステップ160の処理を経た後、ステップ170→リターン、又はステップ170→180→リターンの順に処理を行う。

【0072】

そして、ステップ160での第1バーンアップ触媒再生処理により再び推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} 以下になると、前述したステップ130～180の処理を行う。これらの処理により、再び補正により増量変換値 UP_{pm} が推定堆積量 PM_{sm} として設定され、第1バーンアップ触媒再生処理が行われる。このようにして、推定堆積量 PM_{sm} の増量補正により、第2触媒コンバータ33に燃え残っている微粒子物質PMを燃焼し尽くす燃料量よりもわずかに多い量の未燃燃料が供給される。

【0073】

ただし、ステップ150での推定堆積量 PM_{sm} の増量補正は停止判定回数 N_p を越える回数行われることはない。ステップ140の判定条件が満たされなくなるからである。この場合(ステップ140:NO)には、上述したステップ150の処理(推定堆積量 PM_{sm} の増量補正)を行うことなくステップ160へ移行し、第1バーンアップ触媒再生処理を行う。ステップ160以降の処理については前述したものと同様である。

【0074】

これに対し、ステップ130の判定条件が満たされていない($(\Delta P/GA) < D_p$)と、第2触媒コンバータ33に燃え残っている微粒子物質PMの量が少ないと考えられる。この場合には、ステップ190において、今回の触媒再生制御モード中に上記第1バーンアップ触媒再生処理を行った履歴が有るかどうかを判定する。この判定条件が満たされていると、ステップ200において第2バーンアップ触媒再生処理を行う。すなわち、供給期間と供給停止期間とからなる燃料供給サイクルを予め設定された所定回数(例えば3回)実行することで、第2触媒コンバータ33に燃え残っている微粒子物質PMの量に拘わらず所定量の未燃燃料を排気燃料添加弁31から排気通路14に間欠的に供給する。この間欠的な未燃燃料の供給により、第1触媒コンバータ32の上流端に付着しているデポジット、及び第2触媒コンバータ33に堆積している微粒子物質PMが燃焼除去される。なお、第2バーンアップ触媒再生処理において、燃料供給サイクルの実行回数を所定回数に制限したのは、未燃燃料の供給がいたずらに継続されるのを抑制するためである。

【0075】

そして、ステップ200の処理を経た後に、前記ステップ180で第2バーンアップ触媒再生処理を終了し、触媒再生制御ルーチンを一旦終了する。また、ステップ190の判定条件が満たされていない場合、すなわち、既に第1バーンアップ触媒再生処理を行った履歴がある場合には、前記ステップ160へ移行する。

【0076】

上記触媒再生制御ルーチンでは、電子制御装置 41 によるステップ 100 の処理が予測手段に相当し、ステップ 160, 200 の処理が予測後供給手段に相当し、ステップ 130 の処理が比較手段に相当する。

【0077】

上述した触媒再生制御ルーチンに従って各処理が行われると、通常の触媒再生処理の開始後に推定堆積量 PM_{sm} は例えば図 4 に示すように変化する。

タイミング t_1 よりも前に推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} よりも多く、推定堆積量 PM_{sm} を補正した履歴がないと、触媒再生制御ルーチンではステップ 100 → 110 → 120 → リターンの順に処理が行われ、通常の触媒再生処理が行われる。排気燃料添加弁 31 から未燃燃料が連続して添加されて第 2 触媒コンバータ 33 に堆積している微粒子物質 PM が燃焼され、推定堆積量 PM_{sm} が減少する。

【0078】

この減少により、タイミング t_1 で推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} になってステップ 100 の判定条件が満たされると、ステップ 130 以降の処理が行われる。この際、第 2 触媒コンバータ 33 に微粒子物質 PM が比較的多く残っていて、 $(\Delta P/GA)$ が判定値 D_p 以上であると、ステップ 130 → 140 → 150 → 160 → 170 → リターンの順に処理が行われる。これら一連の処理により、一旦移行判定値 BU_{pm} にまで減少した推定堆積量 PM_{sm} が増量補正され、その移行判定値 BU_{pm} よりも大きな増量変換値 UP_{pm} に変更される。そして、この大きくなった推定堆積量 PM_{sm} に基づいて第 1 バーンアップ触媒再生処理が行われる。排気燃料添加弁 31 から未燃燃料が間欠的に添加されて、第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コンバータ 33 が昇温し、第 1 触媒コンバータ 32 の上流端のデポジット、及び第 2 触媒コンバータ 33 に残っている微粒子物質 PM が燃焼される。そのため、推定堆積量 PM_{sm} が再び減少する。

【0079】

なお、ステップ 150 の処理により、タイミング t_1 の次の制御周期においてはステップ 100 の判定条件が満たされなくなる。この場合には、ステップ 110 の判定条件が満たされるため、ステップ 100 → 110 → 160 → 170 → リターンの順に処理が行われる。従って、タイミング t_1 以降、増量変換値 UP_{pm} に増量補正された推定堆積量 PM_{sm} が減少する。

【0080】

タイミング t_2 で推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} になってステップ 100 の判定条件が再び満たされると、ステップ 130 以降の処理が行われる。この際、第 2 触媒コンバータ 33 に微粒子物質 PM がほとんど残ってなくて、 $(\Delta P/GA)$ が判定値 D_p 未満であると、ステップ 130 → 190 → 160 → 170 → リターンの順に処理が行われる。この場合、推定堆積量 PM_{sm} の増量補正は行われず、図 4 において二点鎖線で示すように推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BU_{pm} よりもさらに少なくなる。そして、タイミング t_3 でステップ 170 の判定条件が満たされると、ステップ 170 → 180 → リターンの順に処理が行われて第 2 バーンアップ触媒再生処理が終了される。

【0081】

これに対し、タイミング t_2 でステップ 130 の判定条件が満たされた際に、第 2 触媒コンバータ 33 に微粒子物質 PM が比較的多く残っていて、 $(\Delta P/GA)$ が判定値 D_p 以上であると、前述したタイミング $t_1 \sim t_2$ の期間について説明したものと同様の順に処理が行われる。その結果、図 4 において実線で示すように、タイミング t_2 で推定堆積量 PM_{sm} が増量変換値 UP_{pm} に増量補正され、その後に推定堆積量 PM_{sm} が減少してゆく。

【0082】

タイミング t_4 でステップ 100 の判定条件が満たされた際に $(\Delta P/GA)$ が判定値 D_p 以上であっても、過去の N_p 回にわたる補正によりステップ 140 の判定条件が満たされない。そのため、この場合には、ステップ 140 → 160 → 170 → リターンの順に

処理が行われ、推定堆積量 PM_{sm} の増量補正は行われず。推定堆積量 PM_{sm} はタイミング t_4 以降も減少し続ける。そして、タイミング t_5 でステップ 170 の判定条件が満たされると、ステップ 170 → 180 → リターンの順に処理が行われて第 1 バーンアップ触媒再生処理が終了される。

【0083】

以上詳述した本実施形態によれば、次の効果が得られる。

(1) 微粒子物質 PM の燃焼除去を目的として供給される未燃燃料は、第 1 触媒コンバータ 32 の上流端に付着しやすい。こうした未燃燃料を完全に燃焼し尽くすことは難しくデポジットとして残る場合がある。このデポジットは第 1 触媒コンバータ 32 の反応性を低下させ、第 2 触媒コンバータ 33 での微粒子物質 PM の燃え残りを誘発する。

【0084】

この点、本実施形態では第 2 触媒コンバータ 33 の再生に際し、微粒子物質 PM の燃焼除去の終了を予測すると、その予測後にも未燃燃料を供給するようにしている。この未燃燃料により、第 2 触媒コンバータ 33 の燃え残りの微粒子物質 PM を完全に燃焼除去することが可能となる。そのため、この燃え残りの微粒子物質 PM が除去されずに次の第 2 触媒コンバータ 33 の再生時まで残り続けることによる不具合、すなわち、次回再生時に微粒子物質 PM が一気に燃焼して第 2 触媒コンバータ 33 の温度が過剰に上昇する現象を抑制することができる。

【0085】

(2) 第 2 触媒コンバータ 33 への微粒子物質 PM の堆積が進行するに従いその堆積量が増大する反面、未燃燃料による微粒子物質 PM の燃焼除去が進行するに従い微粒子物質 PM の堆積量が減少する。そして、堆積量が「0」になれば、第 2 触媒コンバータ 33 に堆積した微粒子物質 PM が燃焼し尽くしたと考えられる。

【0086】

この点、本実施形態では第 2 触媒コンバータ 33 に堆積している微粒子物質 PM の堆積量（推定堆積量 PM_{sm} ）をエンジン 10 の運転状態に基づいて算出し、その推定堆積量 PM_{sm} と「0」よりもわずかに大きな値（移行判定値 BUp_m ）とを比較している。そのため、比較の結果、推定堆積量 PM_{sm} が移行判定値 BUp_m 以下である場合に微粒子物質 PM の燃焼除去が終了間近であることを予測することができる。

【0087】

(3) 未燃燃料を燃料供給サイクルに基づいて排気通路 14 に間欠的に供給することで、初回の供給期間に供給される未燃燃料の燃焼に伴い発生する熱を、第 1 触媒コンバータ 32 の上流端の昇温に消費し、その分、第 2 触媒コンバータ 33 の昇温を遅らせるようにしている。そのため、図 2 (C) に示すように、初回の燃料供給サイクルにおける供給期間の直後には第 1 触媒コンバータ 32 の温度が第 2 触媒コンバータ 33 の温度よりも一時的に高くなる。そして、燃料供給サイクルを繰り返すことで、図 2 (D) に示すように、第 1 触媒コンバータ 32 及び第 2 触媒コンバータ 33 の上下流方向の部位に拘わらず同程度の温度分布となる。結果として、第 2 触媒コンバータ 33 の熱による劣化を抑制しつつ、第 1 触媒コンバータ 32 のデポジット、及び第 2 触媒コンバータ 33 での燃え残りの微粒子物質 PM をともに燃焼除去することができる。

【0088】

(4) 微粒子物質 PM の燃焼除去の終了を予測した場合（ステップ 100: YES）、 $(\Delta P/GA)$ と判定値 Dp とを比較し、その比較結果に応じて排気通路 14 への未燃燃料の供給態様を切り替えるようにしている。従って、常に単一の態様で未燃燃料を供給する場合に比べ、第 2 触媒コンバータ 33 での微粒子物質 PM の燃え残り量に応じた適切な態様での燃焼除去が可能となる。

【0089】

(5) 上記 (4) に関連するが、 $(\Delta P/GA) \geq Dp$ の場合（ステップ 130: YES）には、微粒子物質 PM の燃焼除去が終了したと予測された後も未だある程度の微粒子物質 PM が第 2 触媒コンバータ 33 に残存していると考えられる。この場合には、第 1 バ

ーンアップ触媒再生処理（ステップ160）を行うことで、第2触媒コンバータ33に残存している微粒子物質PMを燃焼し尽くす燃料量よりもわずかに多い量の未燃燃料を供給するようにしている。表現を変え、第2触媒コンバータ33に残存している微粒子物質PMを燃焼し尽くす燃料供給サイクルの持続時間よりもわずかに長く未燃燃料の供給を持続するようにしている。この供給により、第2触媒コンバータ33に残存している微粒子物質PMを確実に燃焼除去することができる。

【0090】

（6）一方、 $(\Delta P/GA) < Dp$ の場合（ステップ130：NO）には、微粒子物質PMの燃焼除去が終了したと予測された後に第2触媒コンバータ33に残存している微粒子物質PMの量がわずかであると考えられる。この場合には、第2バーンアップ触媒再生処理（ステップ200）を行うことで、残存している微粒子物質PMの量に拘わらず所定の量の未燃燃料を供給するようにしている。この供給により第2触媒コンバータ33に残存している微粒子物質PMを燃焼除去できる。

【0091】

（7）第2バーンアップ触媒再生処理（ステップ200）において、燃料供給サイクルの実行回数を所定回数（3回）に制限している。このため、供給される未燃燃料の量を制限し、未燃燃料の供給がいたずらに継続されることによる燃費悪化を抑制することができる。

【0092】

なお、本発明は次に示す別の実施形態に具体化することができる。

・本発明は、ディーゼルエンジンに限らず、希薄燃焼式ガソリンエンジン等について同様な触媒構成を採用した場合にも適用できる。

【0093】

・図3のステップ130における判定値 Dp として、一定の値に代えて可変値を用いてもよい。この場合、例えば、図5に示すように、吸入空気量 GA と判定値 Dp の関係を予め規定したマップを用いることができる。このマップでは、判定値 Dp は吸入空気量 GA が多い領域では小さく、吸入空気量 GA が少なくなるに従い大きくなるような設定がされている。これは、吸入空気量 GA が少なくなるに従いエアフロメータ16の検出精度が低下するおそれがあるためである。従って、このマップから求めた判定値 Dp を用いることで誤判定を抑制することができる。

【0094】

・図3のステップ150の処理として、前記実施形態とは異なる態様で推定堆積量 $PMsm$ を増量補正してもよい。例えば、推定堆積量 $PMsm$ を、微粒子物質PMの燃え残りの程度に応じて異なる値で増量補正してもよい。

【0095】

ここで、前述した $(\Delta P/GA)$ は、圧力から推定される微粒子物質PMの堆積量（詰まり量）の代用値であるともいえる。 $(\Delta P/GA)$ が大きいほど微粒子物質PMの堆積量が多くなる。従って、推定堆積量 $PMsm$ の増量補正に用いる値を例えば増量補正值 $PMadd$ とすると、図6のマップに示すように、 $(\Delta P/GA)$ が大きくなるに従い増量補正值 $PMadd$ を大きくしてもよい。そして、ステップ150では前回の推定堆積量 $PMsm$ にこの増量補正值 $PMadd$ を加算して、その加算結果を新たな（今回の）推定堆積量 $PMsm$ とする。こうして得られた推定堆積量 $PMsm$ は実際の堆積量により近いものとなる。

【0096】

・ステップ130において、 $(\Delta P/GA)$ と判定値 Dp との比較に代えて、差圧 ΔP と、排気流量（又は吸入空気量 GA ）に応じて大きく設定される値（例えば $Dp \times GA$ ）とを比較してもよい。

【0097】

・本発明は、第2触媒コンバータ33の上流に第1触媒コンバータ32が配置されていない排気浄化装置にも適用可能である。この場合、第1触媒コンバータ32に代えて第2

触媒コンバータ 33 の上流端に未燃燃料が付着してデポジットとして残り、第 2 触媒コンバータ 33 での微粒子物質 PM の燃え残りを誘発する。しかし、前記実施形態と同様に、微粒子物質 PM の燃焼除去の終了が予測された後にもバーンアップ触媒再生処理を行うことで、第 2 触媒コンバータ 33 の燃え残りの微粒子物質 PM を完全に燃焼除去することができる。

【0098】

・排気浄化装置では、第 2 触媒コンバータ 33 への微粒子物質 PM の堆積が進行するに従い、この微粒子物質 PM が排気の流れの妨げとなり、排気の流動抵抗が増加する。これに伴い、排気通路 14 における第 2 触媒コンバータ 33 よりも上流側の排気圧力と下流側の排気圧力との差圧 ΔP が大きくなる。この差圧 ΔP は、未燃燃料による微粒子物質 PM の燃焼除去が進行して、第 2 触媒コンバータ 33 に堆積している微粒子物質 PM の量が減少するに従い小さくなる。この点を考慮し、推定堆積量 PM_{sm} に代えて差圧 ΔP を用いて微粒子物質 PM の燃焼除去の終了を予測してもよい。この場合、差圧 ΔP と所定値とを比較し、差圧 ΔP が所定値未満である場合に燃焼除去の終了とする。

【0099】

さらには、推定堆積量 PM_{sm} 及び差圧 ΔP の両方に基づいて微粒子物質 PM の燃焼除去の終了を予測するようにしてもよい。

・第 2 バーンアップ触媒再生処理（ステップ 200）において、燃料供給サイクルの実行回数を差圧 ΔP の程度に応じて変更するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図 1】本発明の内燃機関の排気浄化装置を具体化した一実施形態についてその構成を示す略図。

【図 2】(A) は排気通路における第 1 及び第 2 触媒コンバータの位置関係を示す説明図、(B) ～ (D) はその温度分布を示すグラフ。

【図 3】触媒再生制御ルーチンを示すフローチャート。

【図 4】推定堆積量 PM_{sm} の変化の一態様を示すタイムチャート。

【図 5】別の実施形態において判定値 D_p の決定に用いられるマップのマップ構造を示す略図。

【図 6】別の実施形態において増量補正值 PM_{add} の決定に用いられるマップのマップ構造を示す略図。

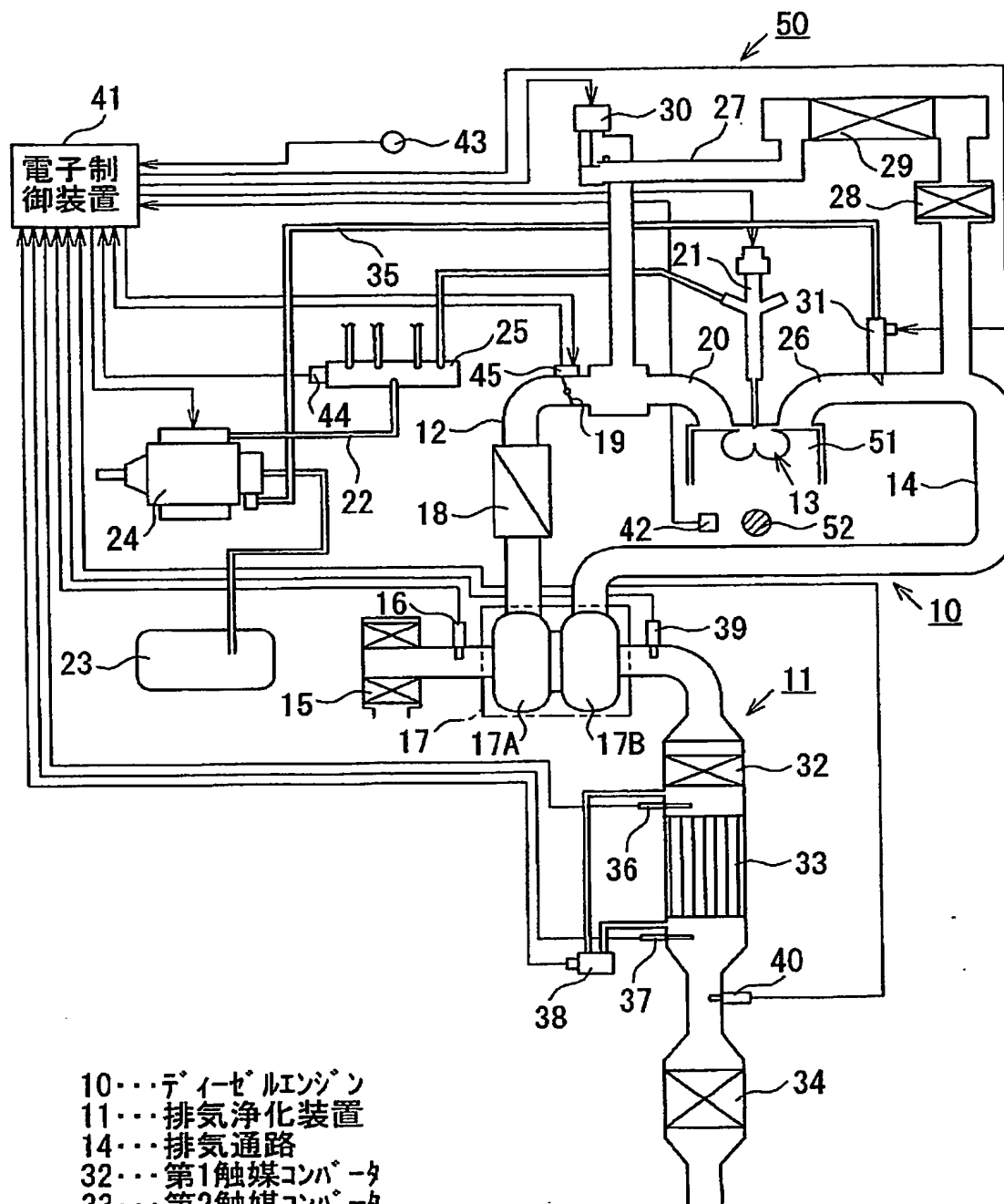
【符号の説明】

【0101】

10…ディーゼルエンジン（内燃機関）、11…排気浄化装置、14…排気通路、32…第 1 触媒コンバータ（排気浄化触媒）、33…第 2 触媒コンバータ（捕集器）、38…差圧センサ（差圧検出手段）、41…電子制御装置（予測手段、予測後供給手段、堆積量推定手段、比較手段）、 D_p …判定値（所定値）、PM…微粒子物質、 ΔP …差圧。

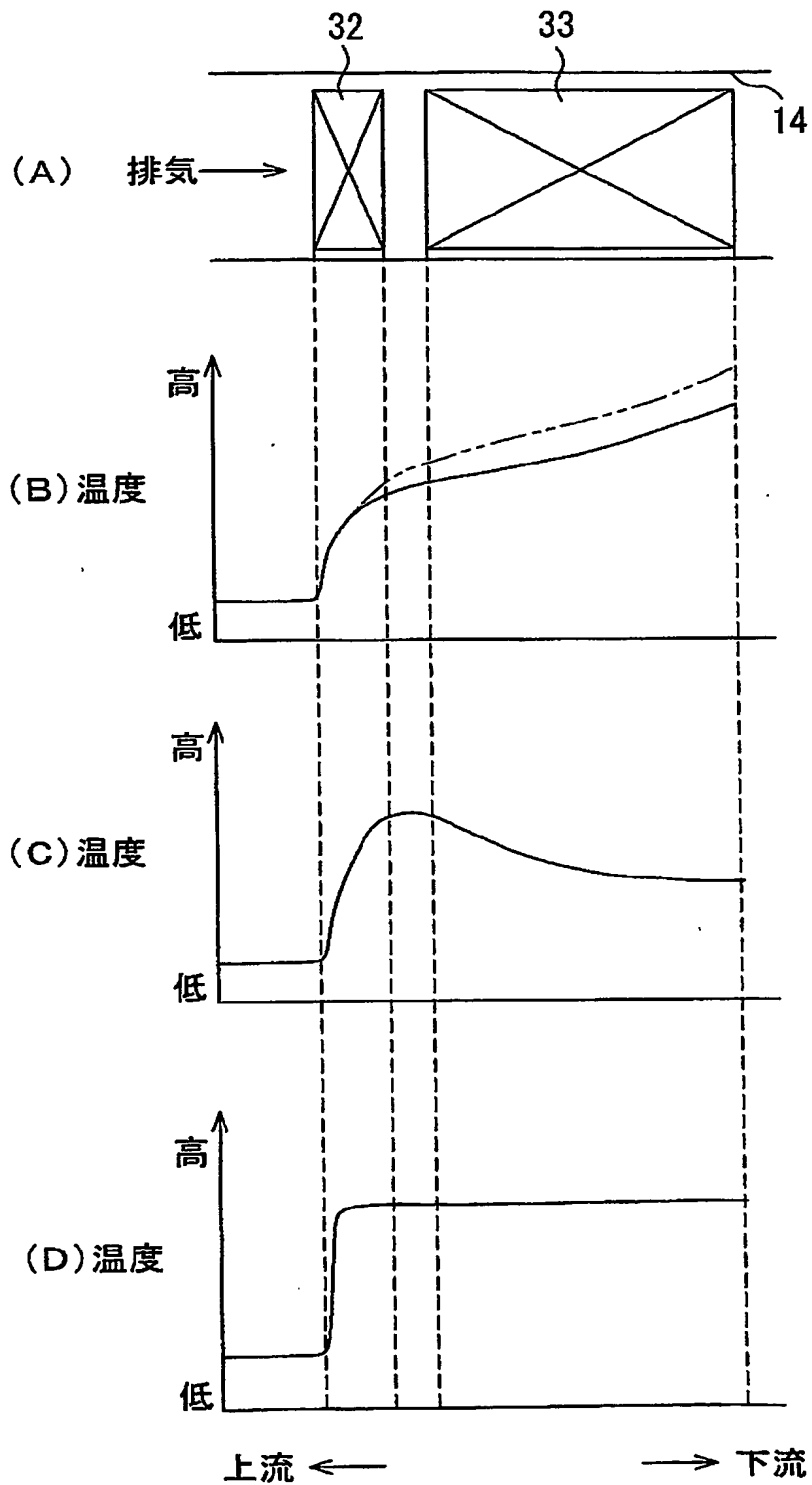
【書類名】 図面

【図 1】

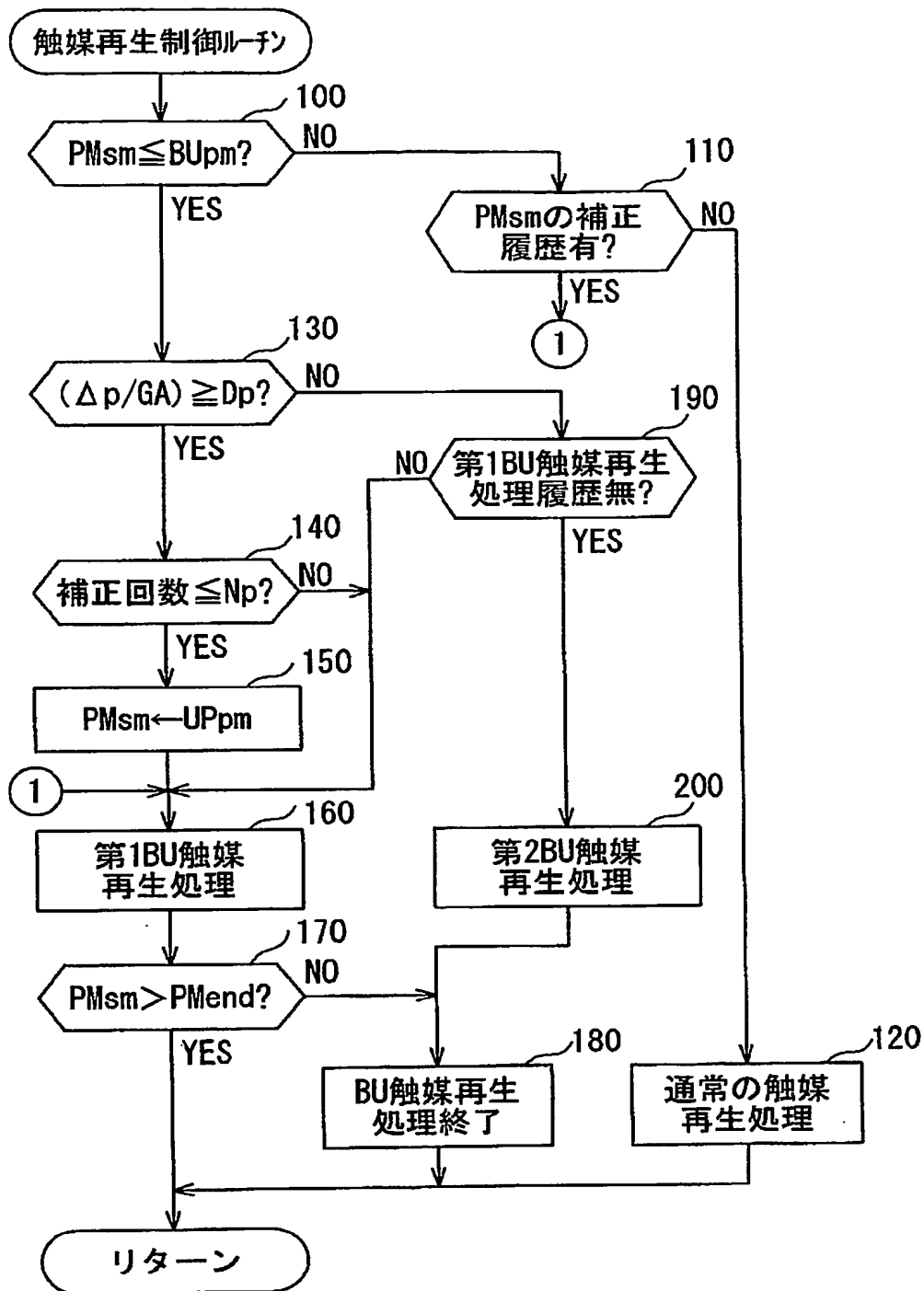


- 10...ディーゼルエンジン
11...排気浄化装置
14...排気通路
32...第1触媒コンバータ
33...第2触媒コンバータ
38...差圧センサ

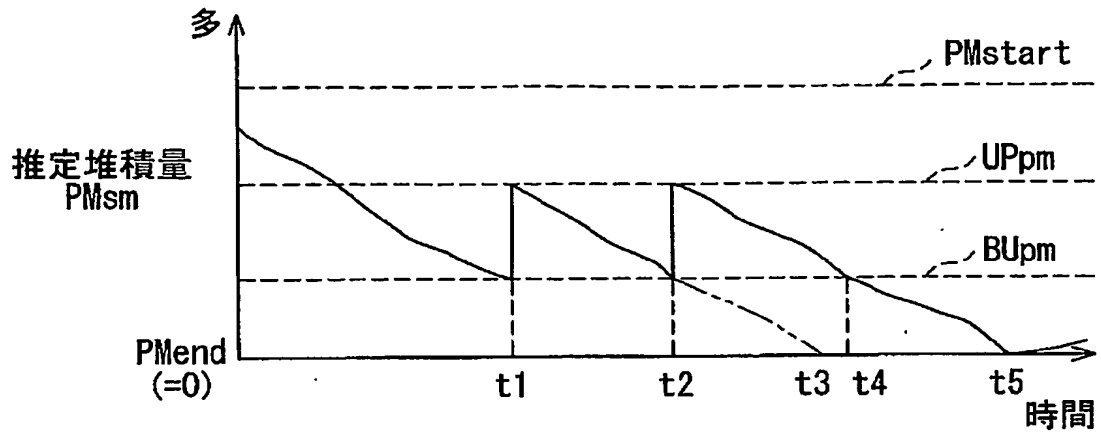
【図 2】



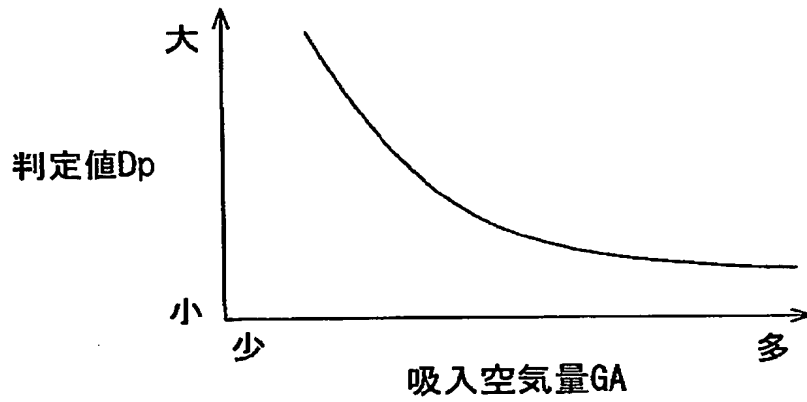
【図 3】



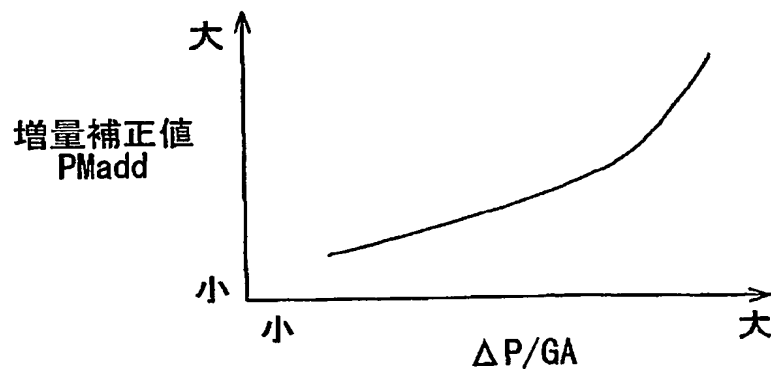
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】微粒子物質の捕集器での燃え残りを少なくし、次回の再生時に捕集器の温度が過剰に上昇するのを抑制することのできる内燃機関の排気浄化装置を提供する。

【解決手段】ディーゼルエンジン10は、同エンジン10から排出される微粒子物質を捕集する第2触媒コンバータ33を排気通路14に備える。排気浄化装置11は、排気燃料添加弁31から未燃燃料を排気通路14に供給して、第2触媒コンバータ33に堆積した微粒子物質を燃焼除去することにより同第2触媒コンバータ33を再生させる。排気浄化装置11では、エンジン10の運転状態に基づき第2触媒コンバータ33での微粒子物質の堆積量を推定し、その推定した堆積量に基づき微粒子物質の燃焼除去の終了を予測する。そして、終了の予測後に排気燃料添加弁31から排気通路14に未燃燃料を間欠的に供給する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 0 6 8 9 8 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 2 0 7]

| | |
|----------|---------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 |
| 氏 名 | トヨタ自動車株式会社 |

特願 2 0 0 4 - 0 6 8 9 8 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 6 0]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 1 0 月 8 日

[変更理由]

名称変更

住 所

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地

氏 名

株式会社デンソー

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004731

International filing date: 10 March 2005 (10.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-068988
Filing date: 11 March 2004 (11.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 31 March 2005 (31.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse